



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115417329 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 02

(21) 申请号 202211046485.9

(22) 申请日 2022.08.30

(71) 申请人 合肥工业大学

地址 230009 安徽省合肥市包河区屯溪路
193号

(72) 发明人 周斌 高俊 晔斌 汪志远 汪涛

(74) 专利代理机构 合肥金安专利事务所(普通
合伙企业) 34114

专利代理师 徐伟

(51) Int.Cl.

B66C 23/36 (2006.01)

B66C 23/82 (2006.01)

B66C 1/14 (2006.01)

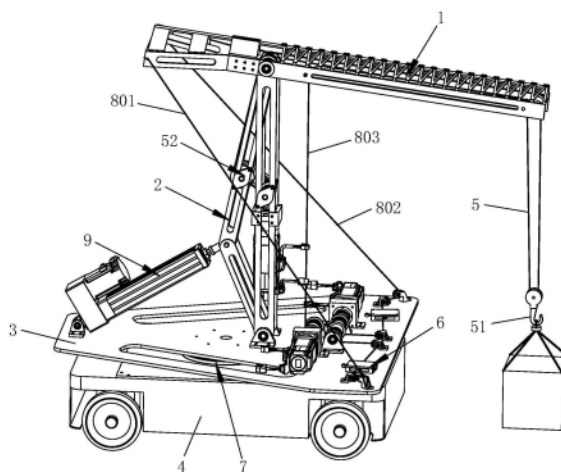
权利要求书3页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人

(57) 摘要

本发明涉及一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,包括通过三角刚性支撑机构固定在基座上的吊臂,三角刚性支撑机构与吊臂通过第一旋转关节相连,三角刚性支撑机构与基座通过第二旋转关节相连,基座可旋转的固定在移动小车上,吊臂的悬伸端通过吊绳连接吊钩,吊绳与吊绳收放机构相连;还包括与吊臂相连的柔索以及与三角刚性支撑机构相连的变幅伸缩缸,柔索的收放配合使吊臂绕第一旋转关节转动以实现吊臂上下方向的移动;变幅伸缩缸驱动三角刚性支撑机构绕第二旋转关节转动以实现吊臂前后方向的移动。由上述技术方案可知,本发明可实现三个转动自由度,同时本发明具有较好的吊装负载能力和响应速度,移动小车配合增加了机器人的移动功能。



1. 一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:包括吊臂(1),所述的吊臂(1)通过三角刚性支撑机构(2)固定在基座(3)上,所述的三角刚性支撑机构(2)与吊臂(1)通过第一旋转关节相连,所述的三角刚性支撑机构(2)与基座(3)通过第二旋转关节相连,所述的基座(3)可旋转的固定在移动小车(4)上,所述吊臂(1)的悬伸端通过吊绳(5)连接吊钩(51),所述的吊绳(5)与吊绳收放机构(52)相连以实现吊钩(51)在竖直方向的升降;

还包括与吊臂(1)相连的柔索(8)以及与三角刚性支撑机构(2)相连的变幅伸缩缸(9),所述的柔索(8)包括并联设置的第一柔索(801)、第二柔索(802)及第三柔索(803),所述的第一柔索(801)及第二柔索(802)由第一柔索卷筒(804)驱动两者同步伸长或缩短,所述的第三柔索(803)由第二柔索卷筒(805)驱动其伸长或缩短,且第二柔索卷筒(805)与第一柔索卷筒(804)的转动方向相反,所述的第一柔索(801)、第二柔索(802)及第三柔索(803)的收放配合使吊臂(1)绕第一旋转关节转动以实现吊臂(1)上下方向的移动;所述的变幅伸缩缸(9)驱动三角刚性支撑机构(2)绕第二旋转关节转动以实现吊臂(1)前后方向的移动,所述的第一柔索卷筒(804)、第二柔索卷筒(805)及变幅伸缩缸(9)均固定在基座(3)上。

2. 根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的吊臂(1)包括沿水平方向设置的梯形尾座(101)、与梯形尾座(101)相连的臂体以及覆盖在梯形尾座(101)及臂体上方的盖体(102),所述的臂体包括平行且对称设置的第一臂体(103)及第二臂体(104),所述臂体的一端与梯形尾座(101)刚性连接,所述臂体的另一端为悬伸端,所述的梯形尾座(101)在其远离臂体的端部对称设有第一柔索安装孔(105)及第二柔索安装孔(106)。

3. 根据权利要求2所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的第一臂体(103)及第二臂体(104)之间依次设有第一关节轴(107)、柔索固定轴(108)、吊绳固定轴(109)以及导轮轴(110),所述的第一关节轴(107)通过第一关节轴承(111)固定在臂体上,所述的第一关节轴(107)与第一关节轴承(111)相配合形成第一旋转关节,且第一关节轴(107)上设有与吊绳(5)相配合的第一导轮(523),所述的柔索固定轴(108)用于连接第三柔索(803),所述的吊绳固定轴(109)用于连接吊绳(5),所述的导轮轴(110)上设有与吊绳(5)相配合的第二导轮(524),其中:所述的第一关节轴(107)靠近臂体与梯形尾座(101)的连接处设置,所述的柔索固定轴(108)靠近第一关节轴(107)设置,且柔索固定轴(108)在其中间位置沿周向设有与第三柔索(803)相配合的卡槽,所述的导轮轴(110)靠近臂体的悬伸端设置,所述的吊绳固定轴(109)靠近导轮轴(110)设置。

4. 根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的吊绳收放机构(52)包括第一驱动电机(521)、与第一驱动电机(521)通过传动机构(53)相连的卷绳滚筒(522)、与吊绳(5)相配合的第一导轮(523)及第二导轮(524)及末端滑轮(525),所述吊绳(5)的一端固定在卷绳滚筒(522)上,吊绳(5)的另一端依次绕经第一导轮(523)、第二导轮(524)和末端滑轮(525)后与吊绳固定轴(109)相固定,所述的末端滑轮(525)固定在末端滑轮座(526)上,所述的吊钩(51)转动连接在末端滑轮座(526)上;

所述的第一驱动电机(521)与第一减速器(527)相连并通过第一电机座(528)固定在三角刚性支撑机构(2)上,所述的传动机构(53)包括固定在第一减速器(527)的输出轴上的第一锥齿轮(531)、与第一锥齿轮(531)相啮合的第二锥齿轮(532)、与第二锥齿轮(532)同轴设置的第一同步带轮(533)、与卷绳滚筒(522)同轴设置的第二同步带轮(534)、连接第一同

步带轮(533)与第二同步带轮(534)的同步带(535),所述的第二锥齿轮(532)与第一同步带轮(533)固定在第一齿轮轴(536)上,所述的卷绳滚筒(522)与第二同步带轮(534)固定在第二齿轮轴(537)上,所述的第一齿轮轴(536)与第一减速器(527)的输出轴相垂直,且第一齿轮轴(536)与第二齿轮轴(537)相平行,所述的第一齿轮轴(536)通过深沟球轴承固定在第一轴承座(538)上,所述的第二齿轮轴(537)通过深沟球轴承固定在第二轴承座(539)上,所述的第一轴承座(538)与第二轴承座(539)均分别固定在三角刚性支撑机构(2)上。

5.根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的三角刚性支撑机构(2)包括两组结构相同且相互平行布置的三角形架体,每组三角形架体由第一连接杆(21)、第二连接杆(22)及第三连接杆(23)依次首尾相连而成,所述的第一连接杆(21)、第二连接杆(22)、第三连接杆(23)的长度依次递减,两组所述三角形架体中的第一连接杆(21)与第二连接杆(22)通过第一关节轴(107)相连,两组所述三角形架体中的第一连接杆(21)与第三连接杆(23)通过第二关节轴(24)相连,两组所述三角形架体中的第二连接杆(22)及第三连接杆(23)通过驱动连接轴(25)相连,所述的第二关节轴(24)通过第二关节轴承(26)固定在关节轴承座(27)上,所述的第二关节轴(24)与第二关节轴承(26)相配合形成第二旋转关节,所述的关节轴承座(27)固定在基座(3)上。

6.根据权利要求5所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的变幅伸缩缸(9)整体倾斜布置,包括缸体(91)、伸缩杆(92)及伸缩缸驱动电机(93),所述的缸体(91)与基座(3)铰接相连,所述伸缩杆(92)的端部套设在驱动连接轴(25)上,所述的变幅伸缩缸(9)与第三连接杆(23)及基座(3)形成三角形结构。

7.根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的第一柔索(801)及第二柔索(802)上还分别设有调节两者刚度的变刚度机构(6),所述的变刚度机构(6)包括底座(61)及与底座(61)相配合的盖板(62),所述的底座(61)与基座(3)相固定,所述底座(61)的四角处设有与盖板(62)螺钉连接的连接凸台(611);

所述的底座(61)上设有第一滑轮(63)、第二滑轮(64)及第三滑轮(65),所述第一滑轮(63)、第二滑轮(64)、第三滑轮(65)分别通过滑轮座固定在底座(61)上,其中:第一滑轮(63)与第二滑轮(64)为固定滑轮,且第一滑轮(63)与第二滑轮(64)对称设置;所述的第三滑轮(65)为移动滑轮,且第三滑轮(65)位于第一滑轮(63)与第二滑轮(64)的对称轴上,所述第三滑轮(65)的滑轮座通过弹簧(66)与滑块(67)连接,所述的滑块(67)与调节螺栓(68)固连,所述的底座(61)沿第一滑轮(63)与第二滑轮(64)的对称轴方向还设有滑槽,所述的滑槽由非连通的第一滑槽(612)及第二滑槽(613)组成,所述的第一滑槽(612)与滑块(67)相配合,所述的第二滑槽(613)与第三滑轮(65)的滑轮座相配合,所述的滑块(67)与第三滑轮(65)的滑轮座上还分别设有与弹簧(66)端部相配合定位的固定销(69)。

8.根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的第一柔索卷筒(804)由第一柔索驱动电机(806)驱动其转动,所述的第一柔索驱动电机(806)通过第一柔索减速器(807)、第一联轴器(808)与第一柔索卷筒(804)相连,所述的第一柔索卷筒(804)通过第一卷筒轴承座(809)固定在基座(3)上,所述的第一柔索驱动电机(806)通过第一柔索电机座(810)固定在基座(3)上,所述第一柔索(801)的一端固定在第一柔索卷筒(804)上,第一柔索(801)的另一端依次绕经第一柔索导轮(811)、第一滑轮(63)、第三滑轮(65)、第二滑轮(64)、第二柔索导轮(812)、第五柔索导轮(820)后与第一柔索安装

孔(105)相连,所述第二柔索(802)的一端固定在第一柔索卷筒(804)上,第二柔索(802)的另一端依次绕经第三柔索导轮(813)、第二滑轮(64)、第三滑轮(65)、第一滑轮(63)、第四柔索导轮(814)、第六柔索导轮(821)后与第二柔索安装孔(106)相连。

9. 根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的第二柔索卷筒(805)由第二柔索驱动电机(815)驱动其转动,所述的第二柔索驱动电机(815)通过第二柔索减速器(816)、第二联轴器(817)与第二柔索卷筒(805)相连,所述的第二柔索卷筒(805)通过第二卷筒轴承座(818)固定在基座(3)上,所述的第二柔索驱动电机(815)通过第二柔索电机座(819)固定在基座(3)上,所述第三柔索(803)的一端固定在第二柔索卷筒(805)上,第三柔索(803)的另一端直接与柔索固定轴(108)相固定。

10. 根据权利要求1所述的基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,其特征在于:所述的基座(3)与移动小车(4)之间设有转动机构(7),所述的转动机构(7)包括第二驱动电机(71)、与第二驱动电机(71)相连的第二减速器(72)、固定在第二减速器(72)的输出轴上的第三锥齿轮(73)、与第三锥齿轮(73)相啮合的第四锥齿轮(74),所述的第四锥齿轮(74)固定在第三齿轮轴(75)上,所述第三齿轮轴(75)端部的法兰盘与基座(3)固定连接,所述的第三齿轮轴(75)通过圆柱滚子轴承(76)固定在第三轴承座(77)上,所述的第三齿轮轴(75)上还设有止推轴承(78),所述的第三轴承座(77)与连接底板(79)相连,所述的连接底板(79)与移动小车(4)相固定。

一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及智能吊装机器人领域,具体涉及一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人。

背景技术

[0002] 吊装机器人是一种广泛应用于仓储物流、建筑、救援等领域的工业机器人,吊装作业随着吊装设备的自动化和智能化水平的进步而不断发展,其应用领域也在不断增多。目前的吊装作业不仅存在于传统的重型吊装,在对精度和效率要求更高的工业加工生产等过程中,吊装机器人的作用也变得愈发重要。柔索并联机构是一种结合刚性并联机构和索驱动机构的复合结构,它具有并联机构的高负载特性,也具有索驱动机构的高速响应特性,同时,利用柔索替代刚性连杆有助于降低机器人的整体重量。但是,柔索并联机构在运动过程中也会存在结构刚度差的问题。

[0003] 专利CN110640729A公开了一种矿用智能双臂液压吊装机器人及其控制方法,通过控制三个可伸缩液压缸的伸缩长度变化,配合可伸缩液压缸两端的转动接头,使得动平台相对定平台产生三向的位移来吊装工件。其吊装机器人主体结构采用的是三个并联的可伸缩液压缸结构,刚性的机构大大增加了整体的结构重量,在吊装过程中对于其底部旋转支撑的轴产生较大的转矩,容易造成转轴的断裂,同时液压刚性结构的整体运动速度较慢。专利CN110815170A公开了一种基于并联柔索机构的重载吊装机器人,通过六根柔索相连构成Stewart型并联机构,控制动平台的多自由度实现吊装。所述结构没有考虑到柔索并联机构的刚度问题,没有提出一种能为柔索并联机构提供良好柔顺变刚度的装置,同时机构所有并联支链都为悬吊柔索,吊装的稳定性存在不足。专利CN109867211A公开了一种吊装机器人及其工作方法,所述的机器人具有移动及固定的功能,但所述吊装机器人结构较为简单,吊装部分为单根吊臂的刚性结构,吊装负载小。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述弊端,提供一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人,该吊装机器人能有效提升吊装机器人的负载能力、运动响应能力和应对不同吊装需求的适应性。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:包括吊臂,所述的吊臂通过三角刚性支撑机构固定在基座上,所述的三角刚性支撑机构与吊臂通过第一旋转关节相连,所述的三角刚性支撑机构与基座通过第二旋转关节相连,所述的基座可旋转的固定在移动小车上,所述吊臂的悬伸端通过吊绳连接吊钩,所述的吊绳与吊绳收放机构相连以实现吊钩在竖直方向的升降;

[0006] 还包括与吊臂相连的柔索以及与三角刚性支撑机构相连的变幅伸缩缸,所述的柔索包括并联设置的第一柔索、第二柔索及第三柔索,所述的第一柔索及第二柔索由第一柔索卷筒驱动两者同步伸长或缩短,所述的第三柔索由第二柔索卷筒驱动其伸长或缩短,且

第二柔索卷筒与第一柔索卷筒的转动方向相反,所述的第一柔索、第二柔索及第三柔索的收放配合使吊臂绕第一旋转关节转动以实现吊臂上下方向的移动;所述的变幅伸缩缸驱动三角刚性支撑机构绕第二旋转关节转动以实现吊臂前后方向的移动,所述的第一柔索卷筒、第二柔索卷筒及变幅伸缩缸均固定在基座上。

[0007] 所述的吊臂包括沿水平方向设置的梯形尾座、与梯形尾座相连的臂体以及覆盖在梯形尾座及臂体上方的盖体,所述的臂体包括平行且对称设置的第一臂体及第二臂体,所述臂体的一端与梯形尾座刚性连接,所述臂体的另一端为悬伸端,所述的梯形尾座在其远离臂体的端部对称设有第一柔索安装孔及第二柔索安装孔。

[0008] 所述的第一臂体及第二臂体之间依次设有第一关节轴、柔索固定轴、吊绳固定轴以及导轮轴,所述的第一关节轴通过第一关节轴承固定在臂体上,所述的第一关节轴与第一关节轴承相配合形成第一旋转关节,且第一关节轴上设有与吊绳相配合的第一导轮,所述的柔索固定轴用于连接第三柔索,所述的吊绳固定轴用于连接吊绳,所述的导轮轴上设有与吊绳相配合的第二导轮,其中:所述的第一关节轴靠近臂体与梯形尾座的连接处设置,所述的柔索固定轴靠近第一关节轴设置,且柔索固定轴在中间位置沿周向设有与第三柔索相配合的卡槽,所述的导轮轴靠近臂体的悬伸端设置,所述的吊绳固定轴靠近导轮轴设置。

[0009] 所述的吊绳收放机构包括第一驱动电机、与第一驱动电机通过传动机构相连的卷绳滚筒、与吊绳相配合的第一导轮及第二导轮及末端滑轮,所述吊绳的一端固定在卷绳滚筒上,吊绳的另一端依次绕经第一导轮、第二导轮和末端滑轮后与吊绳固定轴相固定,所述的末端滑轮固定在末端滑轮座上,所述的吊钩转动连接在末端滑轮座上;

[0010] 所述的第一驱动电机与第一减速器相连并通过第一电机座固定在三角刚性支撑机构上,所述的传动机构包括固定在第一减速器的输出轴上的第一锥齿轮、与第一锥齿轮相啮合的第二锥齿轮、与第二锥齿轮同轴设置的第一同步带轮、与卷绳滚筒同轴设置的第二同步带轮、连接第一同步带轮与第二同步带轮的同步带,所述的第二锥齿轮与第一同步带轮固定在第一齿轮轴上,所述的卷绳滚筒与第二同步带轮固定在第二齿轮轴上,所述的第一齿轮轴与第一减速器的输出轴相垂直,且第一齿轮轴与第二齿轮轴相平行,所述的第一齿轮轴通过深沟球轴承固定在第一轴承座上,所述的第二齿轮轴通过深沟球轴承固定在第二轴承座上,所述的第一轴承座与第二轴承座均分别固定在三角刚性支撑机构上。

[0011] 所述的三角刚性支撑机构包括两组结构相同且相互平行布置的三角形架体,每组三角形架体由第一连接杆、第二连接杆及第三连接杆依次首尾相连而成,所述的第一连接杆、第二连接杆、第三连接杆的长度依次递减,两组所述三角形架体中的第一连接杆与第二连接杆通过第一关节轴相连,两组所述三角形架体中的第一连接杆与第三连接杆通过第二关节轴相连,两组所述三角形架体中的第二连接杆及第三连接杆通过驱动连接轴相连,所述的第二关节轴通过第二关节轴承固定在关节轴承座上,所述的第二关节轴与第二关节轴承相配合形成第二旋转关节,所述的关节轴承座固定在基座上。

[0012] 所述的变幅伸缩缸整体倾斜布置,包括缸体、伸缩杆及伸缩缸驱动电机,所述的缸体与基座铰接相连,所述伸缩杆的端部套设在驱动连接轴上,所述的变幅伸缩缸与第三连接杆及基座形成三角形结构。

[0013] 所述的第一柔索及第二柔索上还分别设有调节两者刚度的变刚度机构,所述的变

刚度机构包括底座及与底座相配合的盖板,所述的底座与基座相固定,所述底座的四角处设有与盖板螺钉连接的连接凸台;

[0014] 所述的底座上设有第一滑轮、第二滑轮及第三滑轮,所述第一滑轮、第二滑轮、第三滑轮分别通过滑轮座固定在底座上,其中:第一滑轮与第二滑轮为固定滑轮,且第一滑轮与第二滑轮对称设置;所述的第三滑轮为移动滑轮,且第三滑轮位于第一滑轮与第二滑轮的对称轴上,所述第三滑轮的滑轮座通过弹簧与滑块连接,所述的滑块与调节螺栓固连,所述的底座沿第一滑轮与第二滑轮的对称轴方向还设有滑槽,所述的滑槽由非连通的第一滑槽及第二滑槽组成,所述的第一滑槽与滑块相配合,所述的第二滑槽与第三滑轮的滑轮座相配合,所述的滑块与第三滑轮的滑轮座上还分别设有与弹簧端部相配合定位的固定销。

[0015] 所述的第一柔索卷筒由第一柔索驱动电机驱动其转动,所述的第一柔索驱动电机通过第一柔索减速器、第一联轴器与第一柔索卷筒相连,所述的第一柔索卷筒通过第一卷筒轴承座固定在基座上,所述的第一柔索驱动电机通过第一柔索电机座固定在基座上,所述第一柔索的一端固定在第一柔索卷筒上,第一柔索的另一端依次绕经第一柔索导轮、第一滑轮、第三滑轮、第二滑轮、第二柔索导轮、第五柔索导轮后与第一柔索安装孔相连,所述第二柔索的一端固定在第一柔索卷筒上,第二柔索的另一端依次绕经第三柔索导轮、第二滑轮、第三滑轮、第一滑轮、第四柔索导轮、第六柔索导轮后与第二柔索安装孔相连。

[0016] 所述的第二柔索卷筒由第二柔索驱动电机驱动其转动,所述的第二柔索驱动电机通过第二柔索减速器、第二联轴器与第二柔索卷筒相连,所述的第二柔索卷筒通过第二卷筒轴承座固定在基座上,所述的第二柔索驱动电机通过第二柔索电机座固定在基座上,所述第三柔索的一端固定在第二柔索卷筒上,第三柔索的另一端直接与柔索固定轴相固定。

[0017] 所述的基座与移动小车之间设有转动机构,所述的转动机构包括第二驱动电机、与第二驱动电机相连的第二减速器、固定在第二减速器的输出轴上的第三锥齿轮、与第三锥齿轮相啮合的第四锥齿轮,所述的第四锥齿轮固定在第三齿轮轴上,所述第三齿轮轴端部的法兰盘与基座固定连接,所述的第三齿轮轴通过圆柱滚子轴承固定在第三轴承座上,所述的第三齿轮轴上还设有止推轴承,所述的第三轴承座与连接底板相连,所述的连接底板与移动小车相固定。

[0018] 由上述技术方案可知,本发明可实现三个转动自由度,同时本发明通过一个三角刚性支撑机构以及三根关联的柔索作为主体吊装结构,并结合变刚度机构的设计,使吊装主体结构具有较好的吊装负载能力和响应速度,再与移动小车配合组成整个机器人结构,增加了机器人的移动功能。

附图说明

[0019] 图1是本发明的立体结构示意图一;

[0020] 图2是本发明的立体结构示意图二;

[0021] 图3是本发明吊臂的分解结构示意图;

[0022] 图4是图3的A部放大图;

[0023] 图5是图3的B部放大图;

[0024] 图6是本发明三角刚性支撑机构与变幅伸缩缸的结构示意图;

[0025] 图7是本发明吊绳与吊绳收放机构的结构示意图;

[0026] 图8是本发明吊绳收放机构的分解结构示意图；
[0027] 图9是本发明变刚度机构的结构示意图；
[0028] 图10是本发明变刚度机构的底座结构示意图；
[0029] 图11是本发明转动机构的结构示意图一；
[0030] 图12是本发明转动机构的结构示意图二；
[0031] 图13是本发明柔索与柔索卷筒的结构示意图；
[0032] 图14是本发明柔索卷筒与柔索驱动电机的结构示意图。
[0033] 上述附图中的标号为：吊臂1、梯形尾座101、盖体102、第一臂体103、第二臂体104、第一柔索安装孔105、第二柔索安装孔106、第一关节轴107、柔索固定轴108、吊绳固定轴109、导轮轴110、第一关节轴承111、三角刚性支撑机构2、第一连接杆21、第二连接杆22、第三连接杆23、第二关节轴24、驱动连接轴25、第二关节轴承26、关节轴承座27、基座3、移动小车4、吊绳5、吊钩51、吊绳收放机构52、第一驱动电机521、卷绳滚筒522、第一导轮523、第二导轮524、末端滑轮525、末端滑轮座526、第一减速器527、第一电机座528、传动机构53、第一锥齿轮531、第二锥齿轮532、第一同步带轮533、第二同步带轮534、同步带535、第一齿轮轴536、第二齿轮轴537、第一轴承座538、第二轴承座539、变刚度机构6、底座61、连接凸台611、第一滑槽612、第二滑槽613、盖板62、第一滑轮63、第二滑轮64、第三滑轮65、弹簧66、滑块67、调节螺栓68、固定销69、转动机构7、第二驱动电机71、第二减速器72、第三锥齿轮73、第四锥齿轮74、第三齿轮轴75、圆柱滚子轴承76、第三轴承座77、止推轴承78、连接底板79、柔索8、第一柔索801、第二柔索802、第三柔索803、第一柔索卷筒804、第二柔索卷筒805、第一柔索驱动电机806、第一柔索减速器807、第一联轴器808、第一卷筒轴承座809、第一柔索电机座810、第一柔索导轮811、第二柔索导轮812、第三柔索导轮813、第四柔索导轮814、第二柔索驱动电机815、第二柔索减速器816、第二联轴器817、第二卷筒轴承座818、第二柔索电机座819、第五柔索导轮820、第六柔索导轮821、变幅伸缩缸9、缸体91、伸缩杆92、伸缩缸驱动电机93。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明做进一步说明：

[0035] 如图1、图2所示的一种基于柔索并联机构的刚柔耦合吊装机器人，包括吊臂1，吊臂1通过三角刚性支撑机构2固定在基座3上，三角刚性支撑机构2与吊臂1通过第一旋转关节相连，三角刚性支撑机构2与基座3通过第二旋转关节相连，基座3可旋转的固定在移动小车4上，移动小车4可以使吊装机器人移动至不同位置实现各类移动搬运装载等任务。吊臂1的悬伸端通过吊绳5连接吊钩51，吊绳5与吊绳收放机构52相连以实现吊钩51在竖直方向的升降。优选的，机器人末端的吊钩51可以根据机器人具体的工作任务更换为吸盘等其他执行器。

[0036] 本发明还包括与吊臂1相连的柔索8以及与三角刚性支撑机构2相连的变幅伸缩缸9。柔索8包括并联设置的第一柔索801、第二柔索802及第三柔索803，第一柔索801及第二柔索802由第一柔索卷筒804驱动两者同步伸长或缩短，第三柔索803由第二柔索卷筒805驱动其伸长或缩短，且第二柔索卷筒805与第一柔索卷筒804的转动方向相反，即第一柔索801、第二柔索802伸长时，第三柔索803同步协同缩短，第一柔索801、第二柔索802缩短时，第三

柔索803同步协同伸长,第一柔索801、第二柔索802及第三柔索803的收放配合使吊臂1绕第一旋转关节转动以实现吊臂1上下方向的移动;变幅伸缩缸9驱动三角刚性支撑机构2绕第二旋转关节转动以实现吊臂1前后方向的移动,第一柔索卷筒804、第二柔索卷筒805及变幅伸缩缸9均固定在基座3上。

[0037] 由此可知,本发明的吊装机器人具备三个方向的自由度,分别是吊臂1绕第一旋转关节的转动自由度、三角刚性支撑机构2绕第二旋转关节的转动自由度、以及基座3绕移动小车4的旋转自由度,这三个转动自由度可以实现吊臂1的俯仰调节、前后调节及转动自由。

[0038] 进一步的,如图3、图4、图5所示,吊臂1包括沿水平方向设置的梯形尾座101、与梯形尾座101相连的臂体以及覆盖在梯形尾座101及臂体上方的盖体102,盖体102是为了进一步提升吊臂1的整体刚性。臂体包括平行且对称设置的第一臂体103及第二臂体104,臂体的一端与梯形尾座101通过螺栓刚性连接,臂体的另一端为悬伸端,梯形尾座101在其远离臂体的端部对称设有第一柔索安装孔105及第二柔索安装孔106。

[0039] 第一臂体103及第二臂体104之间依次设有第一关节轴107、柔索固定轴108、吊绳固定轴109以及导轮轴110,第一关节轴107通过第一关节轴承111固定在臂体上,第一关节轴107与第一关节轴承111相配合形成第一旋转关节,且第一关节轴107上设有与吊绳5相配合的第一导轮523,柔索固定轴108用于连接第三柔索803,吊绳固定轴109用于连接吊绳5。柔索固定轴108与吊绳固定轴109可以约束第一臂体103与第二臂体104的轴向位置,导轮轴110上设有与吊绳5相配合的第二导轮524,第二导轮524用于吊绳5的导向。其中:第一关节轴107靠近臂体与梯形尾座101的连接处设置,柔索固定轴108靠近第一关节轴107设置,且柔索固定轴108在中间位置沿周向设有与第三柔索803相配合的卡槽,导轮轴110靠近臂体的悬伸端设置,吊绳固定轴109靠近导轮轴110设置。第一柔索801、第二柔索802与梯形尾座101相连,第三柔索803与臂体相连,这种柔索分散布置的方式可以使吊臂1在转动时有效抵御水平方向的力干扰。

[0040] 进一步的,如图7、图8所示,吊绳收放机构52用来控制与吊绳5连接的吊钩51上下移动,以达到对目标吊装物体的起吊与放置。为了使机器人结构更为紧凑,并保证吊绳5长度不随吊臂1的运动而发生变化,本发明将吊绳收放机构52安装在三角刚性支撑机构2上。具体的,吊绳收放机构52包括第一驱动电机521、与第一驱动电机521通过传动机构53相连的卷绳滚筒522、与吊绳5相配合的第一导轮523及第二导轮524及末端滑轮525,吊绳5的一端固定在卷绳滚筒522上,吊绳5的另一端依次绕经第一导轮523、第二导轮524和末端滑轮525后与吊绳固定轴109相固定。末端滑轮525固定在末端滑轮座526上,吊钩51转动连接在末端滑轮座526上,即吊钩51与吊绳5的连接是动滑轮结构,该动滑轮结构能提升一倍的拉升力,并可以提升对重物吊装时的稳定性。

[0041] 第一驱动电机521与第一减速器527相连并通过第一电机座528固定在三角刚性支撑机构2上,传动机构53包括固定在第一减速器527的输出轴上的第一锥齿轮531、与第一锥齿轮531相啮合的第二锥齿轮532、与第二锥齿轮532同轴设置的第一同步带轮533、与卷绳滚筒522同轴设置的第二同步带轮534、连接第一同步带轮533与第二同步带轮534的同步带535,第二锥齿轮532与第一同步带轮533固定在第一齿轮轴536上,卷绳滚筒522与第二同步带轮534固定在第二齿轮轴537上,第一齿轮轴536与第一减速器527的输出轴相垂直,且第一齿轮轴536与第二齿轮轴537相平行,第一齿轮轴536通过深沟球轴承固定在第一轴承座

538上,第二齿轮轴537通过深沟球轴承固定在第二轴承座539上,第一轴承座538与第二轴承座539均分别固定在三角刚性支撑机构2上。

[0042] 优选的,为了有效保证吊绳收放机构52的使用,第一驱动电机521采用竖直放置的方式,并通过第一锥齿轮531及第二锥齿轮532组成换向齿轮组来改变驱动转矩方向,再通过同步带带动卷绳滚筒522转动,卷绳滚筒522通过回收和释放吊绳5从而实现吊钩51的升降。

[0043] 进一步的,如图6所示,三角刚性支撑机构2包括两组结构相同且相互平行布置的三角形架体,每组三角形架体由第一连接杆21、第二连接杆22及第三连接杆23依次首尾相连而成,第一连接杆21、第二连接杆22、第三连接杆23的长度依次递减,两组三角形架体中的第一连接杆21与第二连接杆22通过第一关节轴107相连,两组三角形架体中的第一连接杆21与第三连接杆23通过第二关节轴24相连,两组三角形架体中的第二连接杆22及第三连接杆23通过驱动连接轴25相连,第二关节轴24通过第二关节轴承26固定在关节轴承座27上,第二关节轴24与第二关节轴承26相配合形成第二旋转关节,关节轴承座27固定在基座3上。

[0044] 进一步的,如图6所示,变幅伸缩缸9整体倾斜布置,包括缸体91、伸缩杆92及伸缩缸驱动电机93,缸体91与基座3铰接相连,伸缩杆92的端部套设在驱动连接轴25上。同时,变幅伸缩缸9与第三连接杆23及基座3形成三角形结构,增加了结构的稳定性。

[0045] 进一步的,如图9、图10所示,第一柔索801及第二柔索802上还分别设有调节两者刚度的变刚度机构6,变刚度机构6包括底座61及与底座61相配合的盖板62,底座61与基座3相固定,底座61的四角处设有与盖板62螺钉连接的连接凸台611。底座61上设有第一滑轮63、第二滑轮64及第三滑轮65,第一滑轮63、第二滑轮64、第三滑轮65分别通过滑轮座固定在底座61上,其中:第一滑轮63与第二滑轮64为固定滑轮,且第一滑轮63与第二滑轮64对称设置;第三滑轮65为移动滑轮,且第三滑轮65位于第一滑轮63与第二滑轮64的对称轴上,第三滑轮65的滑轮座通过弹簧66与滑块67连接,滑块67与调节螺栓68固连,底座61沿第一滑轮63与第二滑轮64的对称轴方向还设有滑槽,滑槽由非连通的第一滑槽612及第二滑槽613组成,第一滑槽612与滑块67相配合,第二滑槽613与第三滑轮65的滑轮座相配合,滑块67与第三滑轮65的滑轮座上还分别设有与弹簧66端部相配合定位的固定销69。也就是变刚度机构6安装在第一柔索801及第二柔索802上,通过改变弹簧66的预紧力或者弹簧66的材质来实现第一柔索801及第二柔索802的刚度调节,从而提升机器人的吊装柔顺性。具体的,即第三滑轮65及滑块67被中间的弹簧66约束,弹簧66的一端抵靠在滑块67上,弹簧66的另一端抵靠在第三滑轮65的滑轮座上,初始状态下的弹簧处于伸张状态。滑块67可以被另一端的调节螺栓68推动,从而改变弹簧66的挤压程度以调节弹簧66的预紧力,第一柔索801、第二柔索802在受到拉力时,会拉动第三滑轮65抵御弹簧66的预紧力,当第一柔索801、第二柔索802的拉力过大时,弹簧66就会收缩从而实现第一柔索801、第二柔索802由刚性至柔性的转换。

[0046] 进一步的,如图13、图14所示,第一柔索卷筒804由第一柔索驱动电机806驱动其转动,第一柔索驱动电机806通过第一柔索减速器807、第一联轴器808与第一柔索卷筒804相连,第一柔索卷筒804通过第一卷筒轴承座809固定在基座3上,第一柔索驱动电机806通过第一柔索电机座810固定在基座3上。

[0047] 第一柔索801的一端固定在第一柔索卷筒804上,第一柔索801的另一端依次绕经第一柔索导轮811、第一滑轮63、第三滑轮65、第二滑轮64、第二柔索导轮812、第五柔索导轮820后与第一柔索安装孔105相连。第一柔索导轮811、第二柔索导轮812、第五柔索导轮820组成第一导轮组改变第一柔索801的方向,第一导轮组分布的位置经过优化计算,可以有效驱动吊臂1,并在水平方向施加平衡力以提升吊臂的稳定性。第二柔索802的一端固定在第一柔索卷筒804上,第二柔索802的另一端依次绕经第三柔索导轮813、第二滑轮64、第三滑轮65、第一滑轮63、第四柔索导轮814、第六柔索导轮821后与第二柔索安装孔106相连。第三柔索导轮813、第四柔索导轮814、第六柔索导轮821同样也组成一个与第一导轮组相对称设置的第二导轮组,其作用及结构与第一导轮组相同。

[0048] 进一步的,第二柔索卷筒805由第二柔索驱动电机815驱动其转动,第二柔索驱动电机815通过第二柔索减速器816、第二联轴器817与第二柔索卷筒805相连,第二柔索卷筒805通过第二卷筒轴承座818固定在基座3上,第二柔索驱动电机815通过第二柔索电机座819固定在基座3上,第三柔索803的一端固定在第二柔索卷筒805上,第三柔索803的另一端直接与柔索固定轴108相固定。

[0049] 第一柔索卷筒804与第二柔索卷筒805的区别仅在于驱动柔索的数量不同,第一柔索卷筒804相当于一个双卷筒,第一柔索801及第二柔索802对称固定在上面;第二柔索卷筒805相当于一个单卷筒,只有第三柔索803固定在上面。

[0050] 进一步的,基座3与移动小车4之间设有转动机构7,基座3的相对转动是吊装机器人的必要功能,可以有效配合柔索8及三角刚性支撑机构2实现更大工作空间的作业。具体的,如图11、图12所示,转动机构7包括第二驱动电机71、与第二驱动电机71相连的第二减速器72、固定在第二减速器72的输出轴上的第三锥齿轮73、与第三锥齿轮73相啮合的第四锥齿轮74,第四锥齿轮74固定在第三齿轮轴75上,第三齿轮轴75端部的法兰盘与基座3固定连接,第三齿轮轴75通过圆柱滚子轴承76固定在第三轴承座77上,第三齿轮轴75上还设有止推轴承78,第三轴承座77与连接底板79相连,连接底板79与移动小车4相固定。具体的,基座3与第三齿轮轴75的法兰盘螺钉固定,第三齿轮轴75上的圆柱滚子轴承76用于限制径向移动,第二驱动电机71通过第三锥齿轮73、第四锥齿轮74驱动第三齿轮轴75实现旋转功能,圆柱滚子轴承76的外圈固定在第三轴承座77上,第三齿轮轴75及第三轴承座77分别套设在止推轴承78的上轴承与下轴承内,止推轴承78的上下端面分别与基座和连接底板接触,用于支撑较大的机器人主体重量。

[0051] 本发明的吊臂通过第一柔索801、第二柔索802、第三柔索803及三角刚性支撑机构与基座相连,三根并联的柔索可以在三角刚性支撑机构固定时单独作业实现吊臂的俯仰转动,也可以与三角刚性支撑机构协同工作实现更大角度和高度即更大工作空间的吊装任务。本发明具体的工作原理如下:

[0052] 一、并联柔索的单独作业。

[0053] 当吊臂需要抬升时,第一柔索驱动电机工作,依次通过第一柔索减速器、第一联轴器带动第一柔索卷筒正向转动,使缠绕固定在第一柔索卷筒上的第一柔索及第二柔索同步回收变短;与此同时,第二柔索驱动电机工作,依次通过第二柔索减速器、第二联轴器带动第二柔索卷筒反向转动,使缠绕在第二柔索卷筒上的第三柔索释放变长,第一柔索、第二柔索、第三柔索的协同作用使吊臂绕着第一旋转关节转动实现抬升。

[0054] 当吊臂需要下降时,第二柔索驱动电机工作,依次通过第二柔索减速器、第二联轴器带动第二柔索卷筒正向转动,使缠绕在第二柔索卷筒上的第三柔索回收变短,与此同时,第一柔索驱动电机工作,依次通过第一柔索减速器、第一联轴器带动第一柔索卷筒反向转动,使缠绕固定在第一柔索卷筒上的第一柔索及第二柔索同步释放变长;第一柔索、第二柔索、第三柔索的协同作用使吊臂绕着第一旋转关节转动实现下降。

[0055] 吊臂的抬升或下降,需要三根并联柔索的协同作业,即第一柔索、第二柔索伸长时,第三柔索就相应缩短;第一柔索、第二柔索缩短时,第三柔索就相应伸长。

[0056] 二、并联柔索与三角刚性机构的协同作业。

[0057] 协同作业时,并联柔索与三角刚性机构相当于两个并联的分支机构。当吊臂需要水平向前移动时,伸缩缸驱动电机工作,使伸缩杆伸长,从而带动三角刚性机构绕第二旋转关节转动实现前倾,与此同时,第一柔索驱动电机、第二柔索驱动电机同步工作,第一柔索驱动电机依次通过第一柔索减速器、第一联轴器带动第一柔索卷筒正向转动,使缠绕固定在第一柔索卷筒上的第一柔索及第二柔索同步回收变短;由于吊臂水平第三柔索始终与三角刚性机构最长杆平行,因而其长度不会发生变化,第二柔索驱动电机不作用,第一柔索、第二柔索及三角刚性机构的协同作用使吊臂实现向前水平移动。移动完成后可按照单独作业方式调节吊臂的抬升及下降。

[0058] 反之,当吊臂需要水平向后移动时,伸缩缸驱动电机工作,使伸缩杆缩短,从而带动三角刚性机构绕第二旋转关节转动实现后退,与此同时,第一柔索驱动电机、第二柔索驱动电机同步工作,第一柔索驱动电机依次通过第一柔索减速器、第一联轴器带动第一柔索卷筒反向转动,使缠绕固定在第一柔索卷筒上的第一柔索及第二柔索同步释放变长;第三柔索此时长度依然不变,第一柔索、第二柔索及三角刚性机构的协同作用使吊臂实现向后水平移动。

[0059] 当需要吊臂在前后移动过程中同时进行抬升和下降调节,此时由第一柔索、第二柔索、第三柔索及三角刚性机构的协同作用实现;具体第一柔索、第二柔索、第三柔索的长度变化情况,需要根据吊臂所需要的抬升或下降的目标角度及三角刚性机构所需调节的目标角度来进行运动学计算求解。

[0060] 三、吊绳收放机构的工作原理:

[0061] 吊绳的一端固定在卷绳滚筒上,吊绳的另一端依次绕经第一导轮、第二导轮和末端滑轮后与吊绳固定轴相固定,末端滑轮座与吊钩转动连接。第一驱动电机通过第一减速器带动第一锥齿轮转动,第一锥齿轮带动第二锥齿轮和第一同步带轮同步转动,第一同步带轮通过同步带带动第二同步带轮和卷绳滚筒同步转动,卷绳滚筒带动吊绳回收或释放,最终实现吊钩的提升和下降。

[0062] 四、变刚度机构的工作原理。

[0063] 由于吊装目标质量的不确定性以及吊装过程中发生的拖挂情况,为保护吊装安全,避免吊绳拉力过大绷断或者吊臂受到冲击力等情况,需要变刚度机构来提升柔索结构的柔性,及时在大载荷下调整柔索长度。变刚度机构是在吊装姿态调节完成后才发挥最作用,利用变刚度机构来设定弹簧预紧力,使其大小在柔索承受极限的合理范围。具体的,在吊装姿态调节完成后,吊臂末端吊钩起吊,当吊装的目标质量过大时,吊钩通过吊绳将拉力传递至吊臂末端,此时吊臂另一端的第一柔索和第二柔索受到的拉力不断增大,当拉力超

过变刚度机构中弹簧的预紧力时,绕经第三滑轮的柔索趋向变直,变刚度机构中的第三滑轮压缩弹簧向内滑动,增大整体柔索长度避免柔索直接崩断。

[0064] 同理,在吊起移动质量合理的吊装目标时,吊装目标若出现拖挂,此时吊绳拉力增大,通过变刚度机构可以及时释放柔索长度,从而避免直接拉断柔索。

[0065] 本发明的有益效果在于:1) 本发明通过并联柔索和三角刚性支撑机构的结合可以实现吊装机器人更大的承载能力,机器人在吊装抬升吊臂时,并联的第一柔索、第二柔索可以提供更大的抬升力,而三角刚性支撑机构以及变幅伸缩缸结构组成两个三角形结构,使得机器人高负载吊装能力大大提升,稳定性也得到保证。

[0066] 2) 发明的吊臂姿态主要通过并联柔索驱动来实现,使得机器人在姿态调整时具有更高的响应速度,提升了机器人的吊装效率。

[0067] 3) 本发明通过准确的构型优化,有效的提升了机器人的刚度,使得机器人受力分布更加合理,通过柔索的分布以及梯形尾座的设计还可以有效克服各个方向随机载荷的干扰,在机器人移动过程中可以利用柔索共同施力保持吊臂平衡。

[0068] 4) 机器人的三角刚性支撑机构和基座可旋转,使得机器人相对于传统吊装机器人有更大的工作空间。

[0069] 5) 本发明具有较好的刚度特性,传统刚性机构以及柔索并联机构在面对突变载荷或者冲击时,会出现结构或柔索断裂情况,本发明中安装在并联柔索上的变刚度机构可以增加机器人柔顺性,对抗冲击载荷。

[0070] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

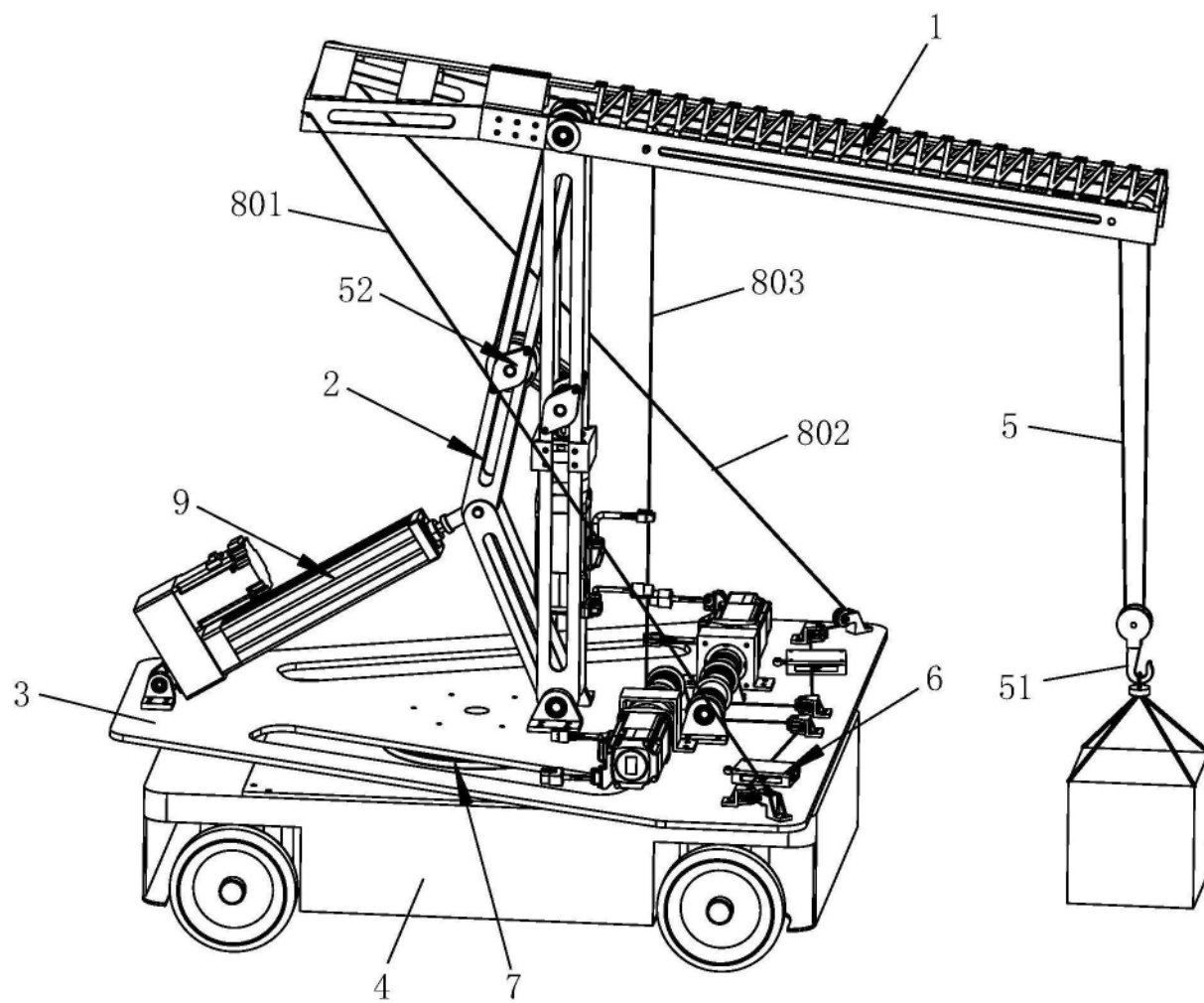


图1

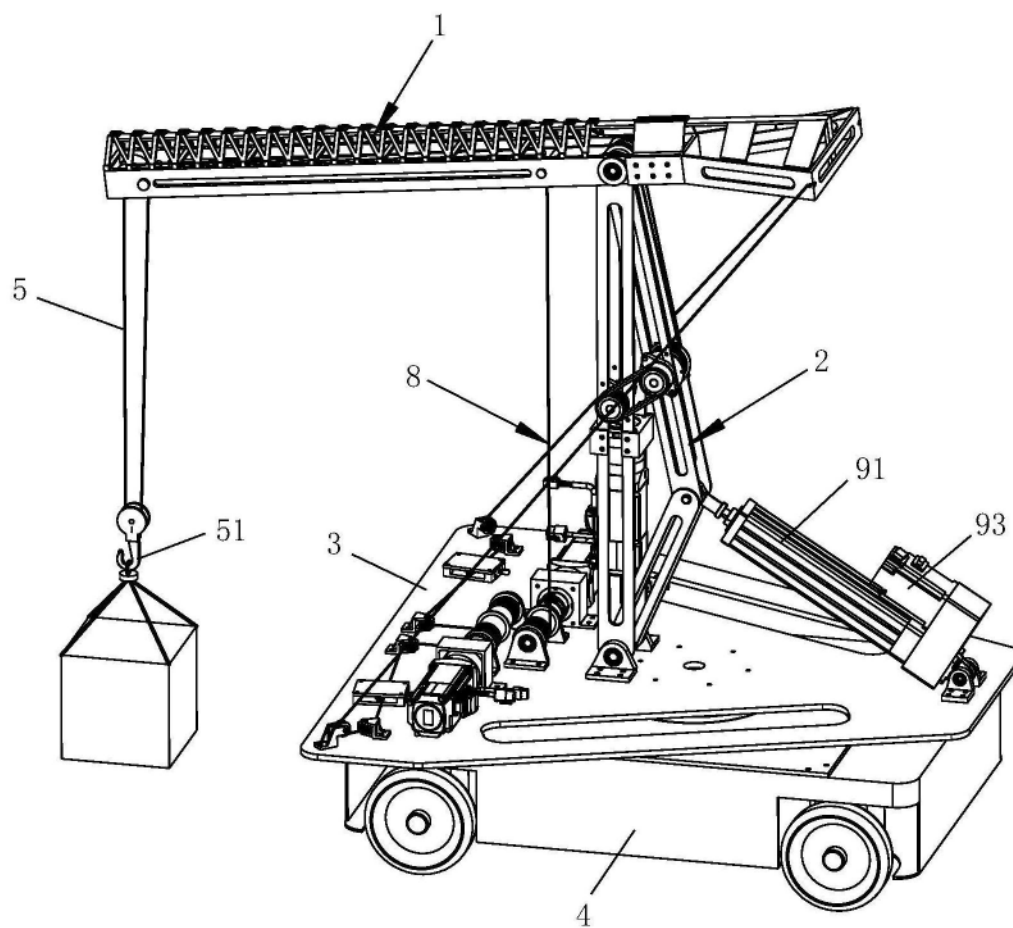


图2

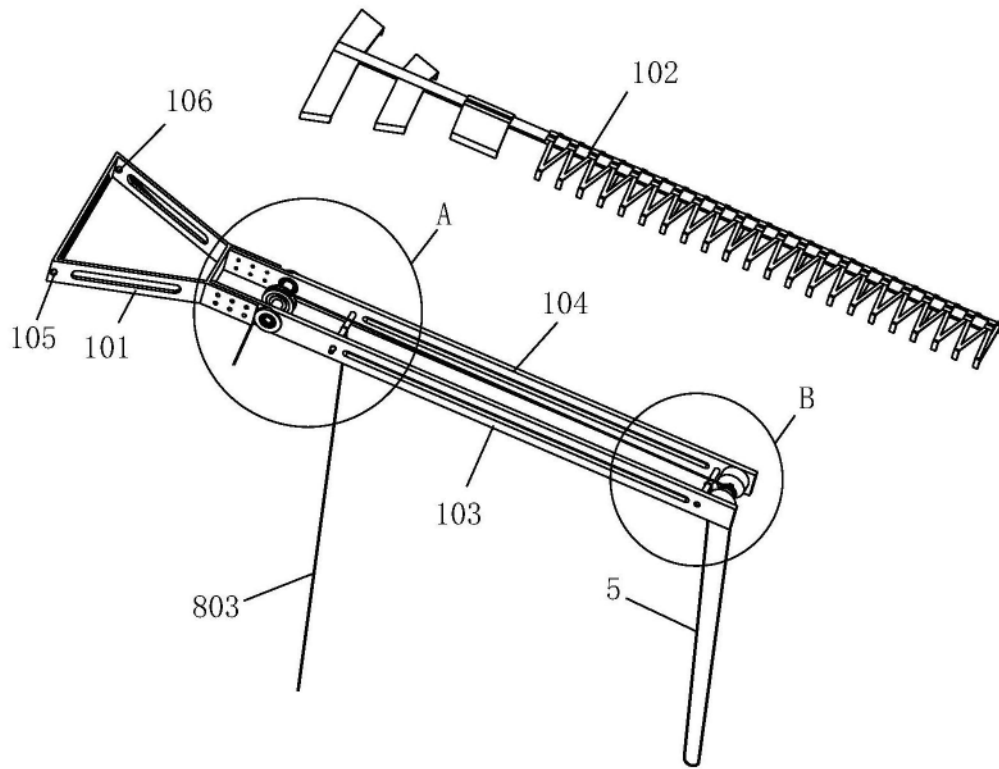


图3

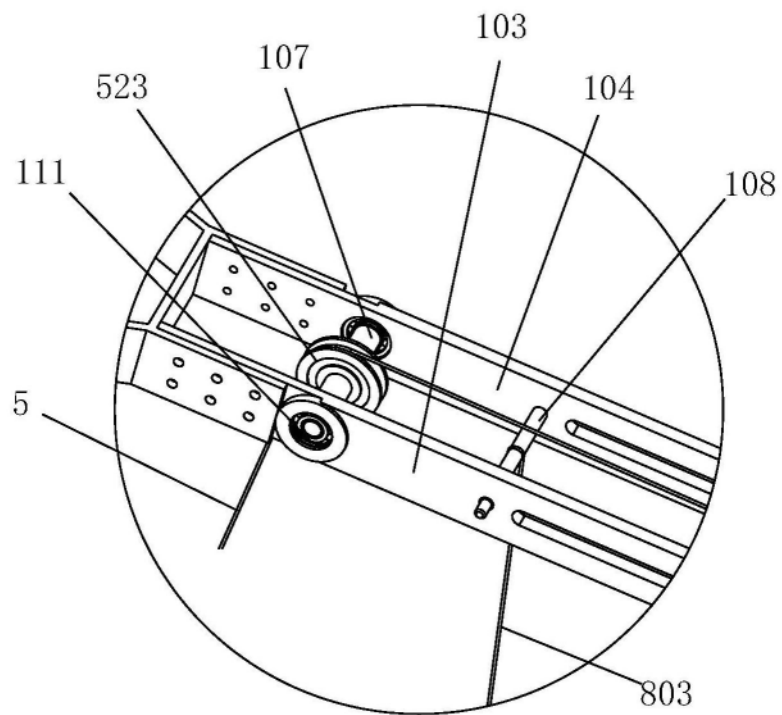


图4

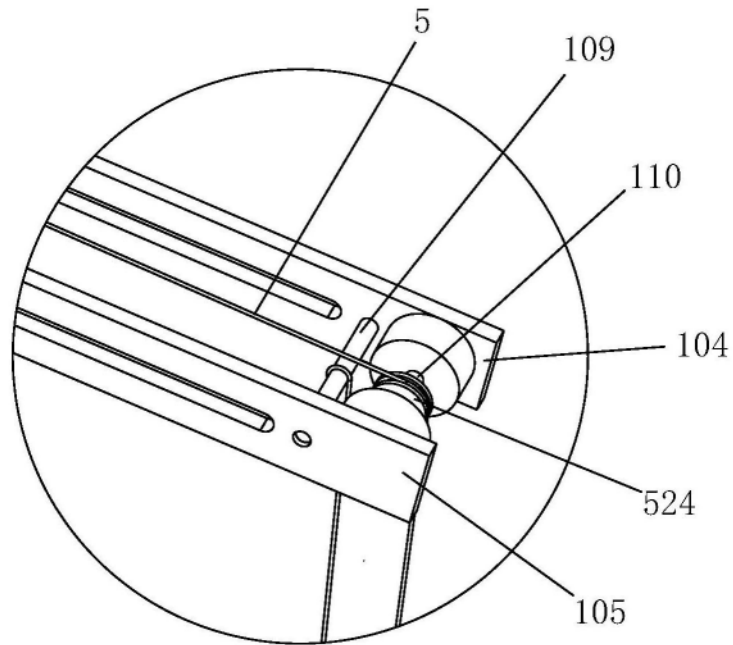


图5

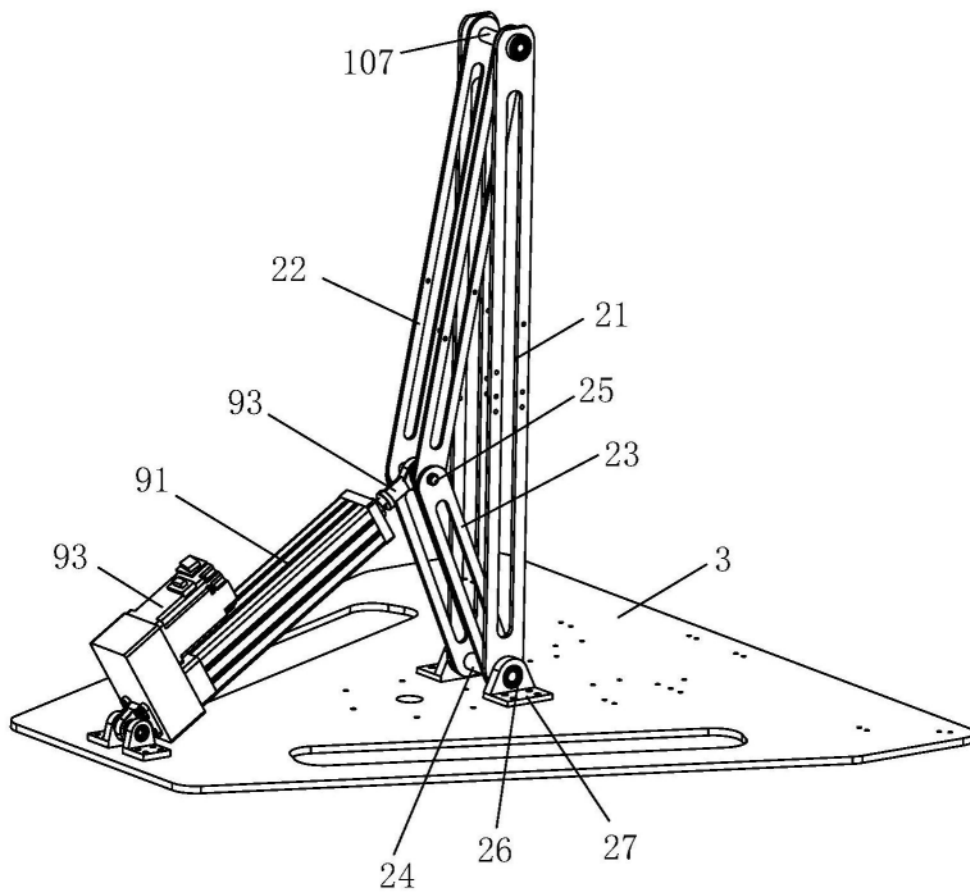


图6

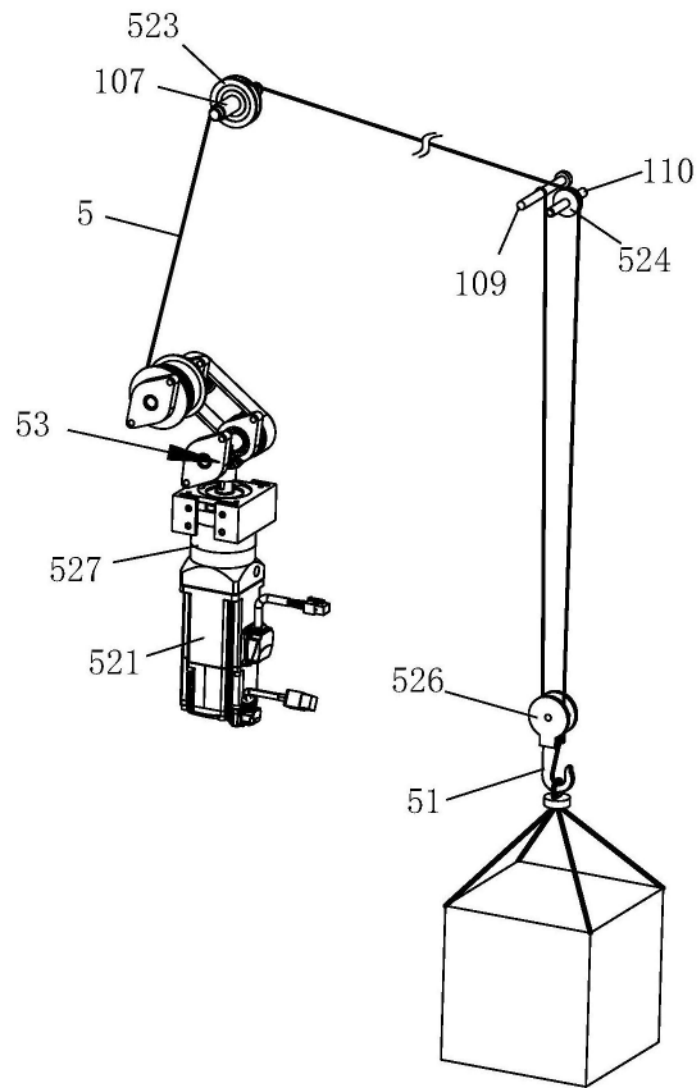


图7

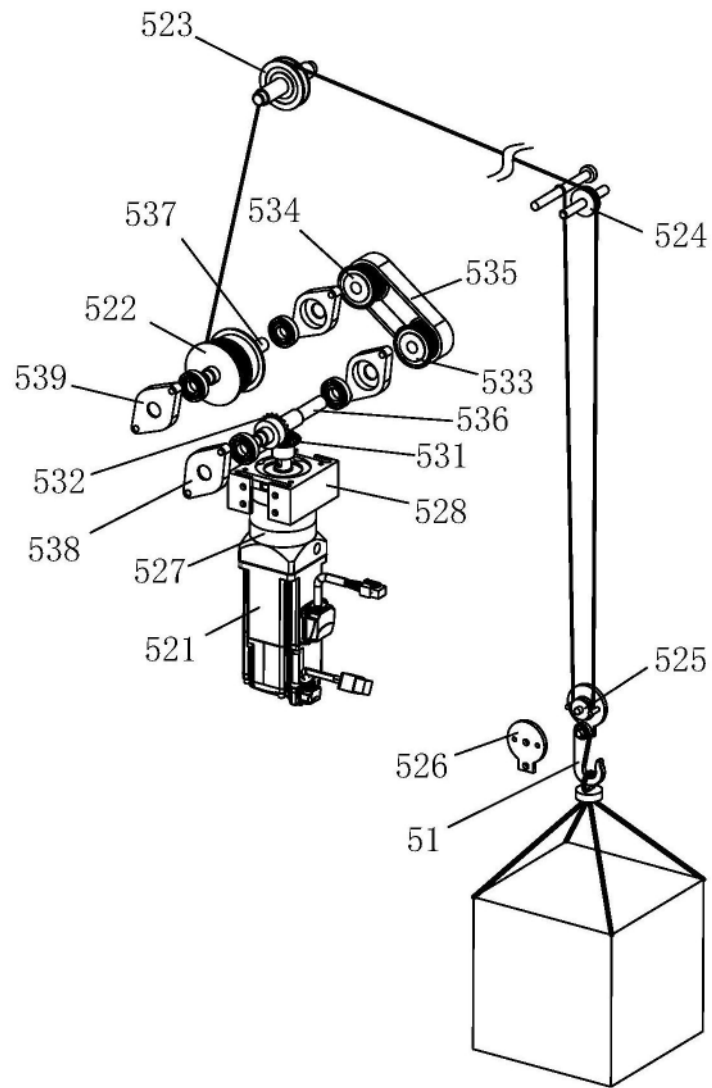


图8

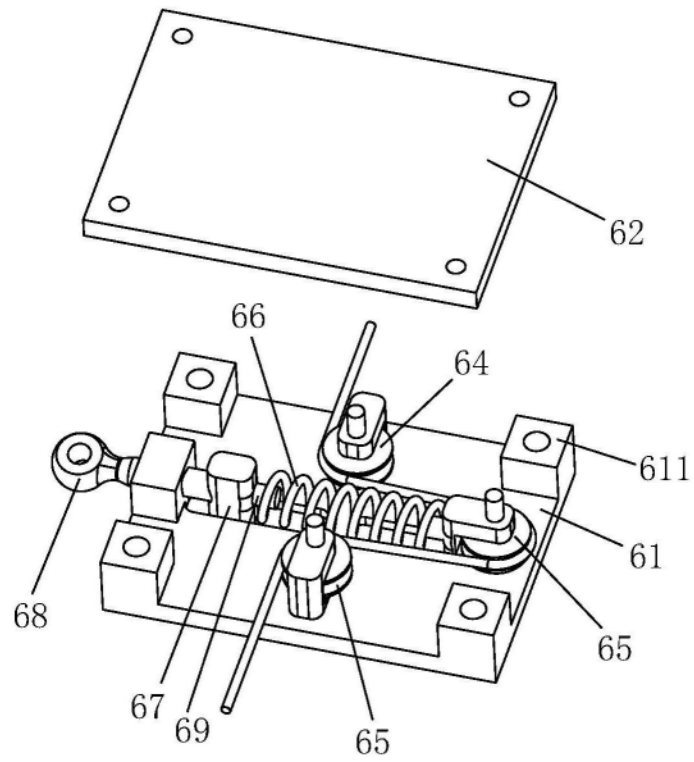


图9

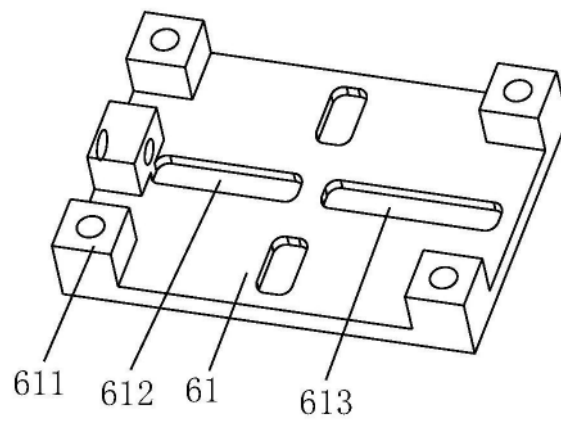


图10

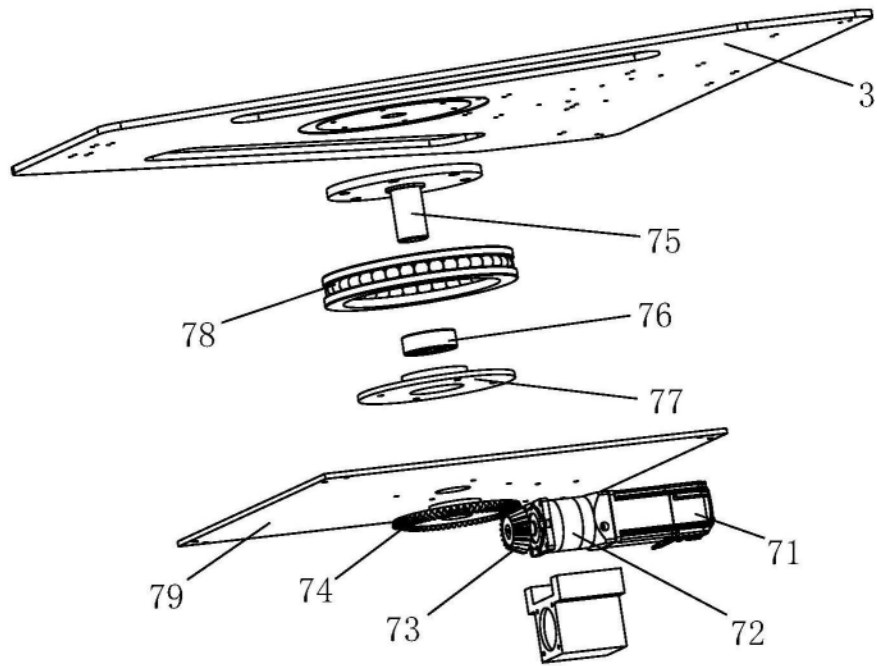


图11

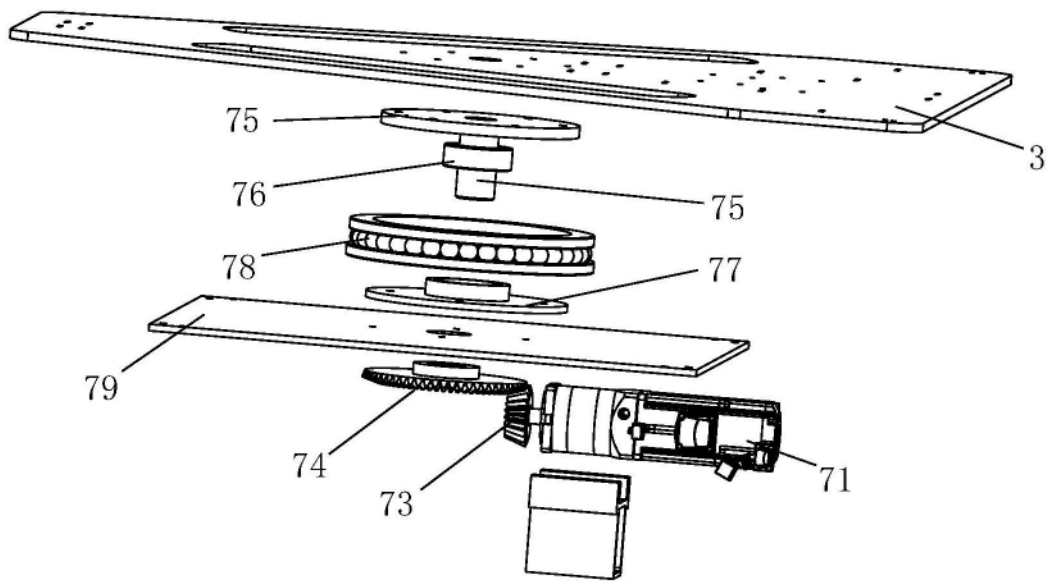


图12

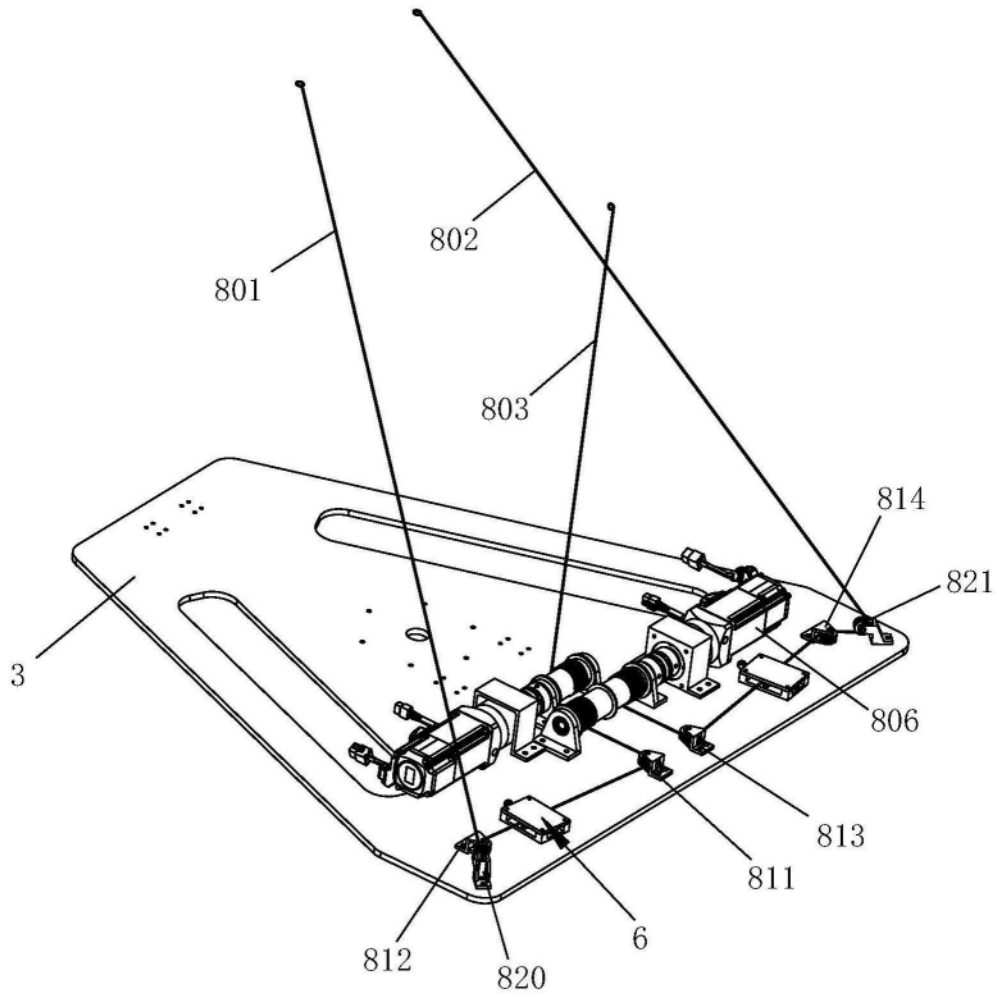


图13

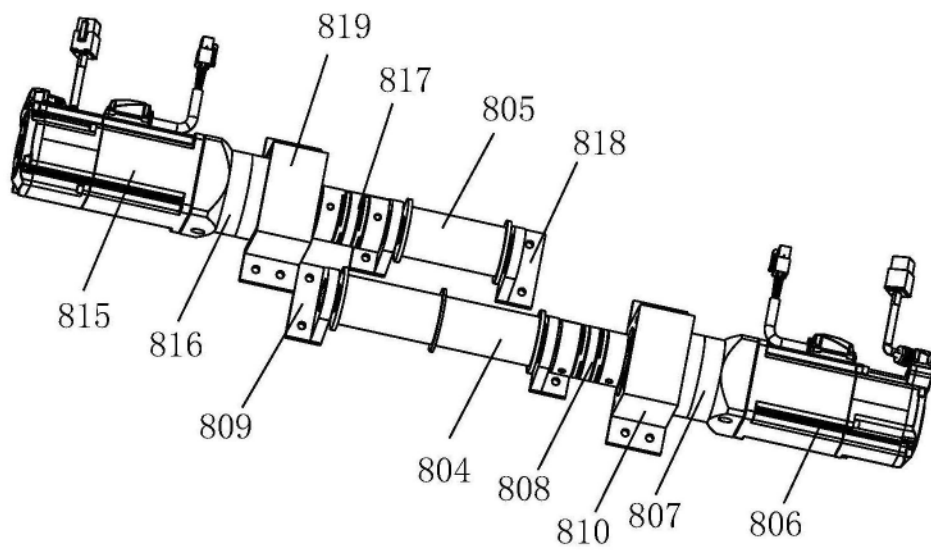


图14